

委託試験成績（令和2年度）

担当機関名 部・室名	新潟県農業総合研究所・基盤研究部
実施期間	令和2年度～令和4年度、新規開始
大課題名	V 情報処理等先端技術の活用による高生産システムの確立
課題名	リモートセンシングデータ・収量マッピングデータを活用した可変施肥による 水稲収量・品質ムラの早期解消技術の検討
目的	新潟県内ではほ場の大区画化が進められる中、栽培管理履歴の異なるほ場の 合筆等による収量・品質の不均一化が見られる場合がある。そこで、水稲生育期 間中のリモートセンシングデータに基づく可変基肥により、生育・収量ムラの 早期解消を目指す。今年度は可変基肥に必要な幼穂形成期のNDVI値の取得と同 時期における生育データ及び土壌化学性との関係を検討する。
担当者名	水野貴文
<p>1. 試験場所 新潟県長岡市滝谷（現地ほ場）</p> <p>2. 試験方法</p> <p>(1) 供試機械名 ドローン（DJI社製 Phantom4 Multispectral）</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア. ほ場条件 中粗粒灰色低地土水田（異なる肥培管理を30年間継続した区を含み、地力に差がある。）</p> <p>イ. 栽培等の概要</p> <p>ア) 供試品種 コシヒカリ BL</p> <p>イ) 耕起 ロータリー耕、5月10日</p> <p>ウ) 代掻き 5月13日</p> <p>エ) 移植 5月15日、稚苗、50株/坪</p> <p>オ) 施肥量 2（3）図1及び表1参照</p> <p>カ) 水管理 6月中旬～7月上旬に中干し、以降は間断灌水</p> <p>キ) 収穫 9月10日</p> <p>ク. 土壌分析 耕起前にほ場内24地点（図1）より作土層の土壌を採取し、土壌化学性（pH、可給態窒素、 CEC、交換性塩基、全炭素・全窒素）を測定した。</p> <p>ケ. ドローンセンシング及び生育調査 幼穂形成期に Phantom4 Multispectral による撮影を実施した（ファームアイ株式会社）。生 育調査はほ場内12地点において（表1）、10株（5株×2条）の草丈、茎数、葉色（SPAD502） をセンシング当日に調査した。</p> <p>コ. 稲体分析 生育調査にあわせて調査地点周辺より平均茎数に近い株のサンプリングを行い、窒素吸収量 を測定した。</p> <p>ク. 収量調査 生育調査地点を中心に坪刈りを行い、収量及び収量構成要素、玄米品質の調査を行った。収 量はふるい目1.85mm以上を精玄米とし、水分15%換算で算出した。品質は精玄米について品質 判定機（SATAKE RGQI20A）を用いて測定した。</p>	

(3) 試験区の構成

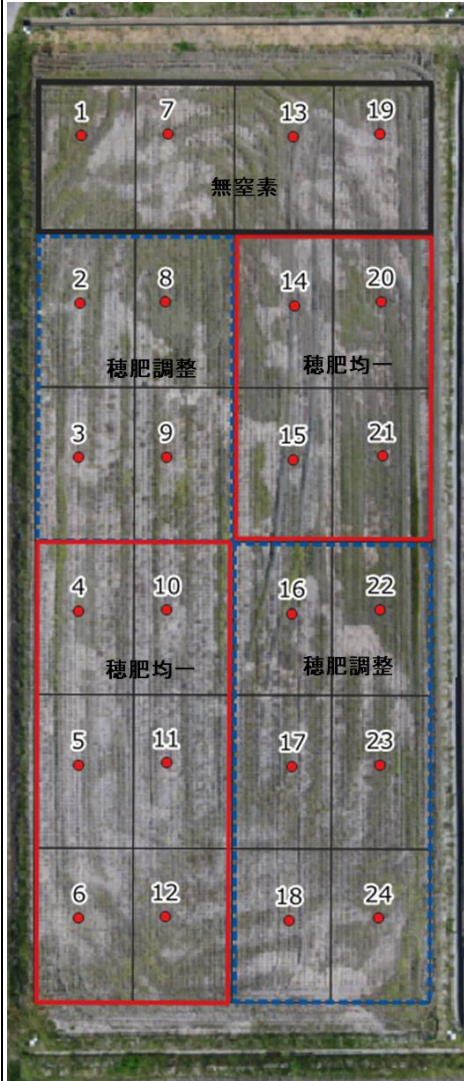


図1 土壌採取地点と処理区

表1 供試ほ場における処理と調査地点

処理区	地点 番号	施肥窒素量 (kg/10a)			合計	生育・収量 調査	
		基肥	穂肥1回目	穂肥2回目			
無窒素	1	0	0	0	0		
	7	0	0	0	0	○	
	13	0	0	0	0		
	19	0	0	0	0	○	
穂肥調整	2	3.0	1.4	1.3	5.7	○	
	3	3.0	1.2	1.3	5.5		
	8	3.0	1.4	1.3	5.7		
	9	3.0	1.2	1.3	5.5	○	
	16	3.0	0.8	1.3	5.1	○	
	17	3.0	0.8	1.3	5.1		
	18	3.0	1.0	1.3	5.3	○	
	22	3.0	1.0	1.3	5.3		
	23	3.0	1.2	1.3	5.5	○	
	24	3.0	1.0	1.3	5.3		
	穂肥均一	4	3.0	1.2	1.3	5.5	○
		5	3.0	1.2	1.3	5.5	
6		3.0	1.2	1.3	5.5	○	
10		3.0	1.2	1.3	5.5		
11		3.0	1.2	1.3	5.5	○	
12		3.0	1.2	1.3	5.5		
14		3.0	1.2	1.3	5.5		
15		3.0	1.2	1.3	5.5		
20		3.0	1.2	1.3	5.5	○	
21	3.0	1.2	1.3	5.5	○		

基肥：有機質入り肥料（10-13-10）

穂肥：有機質入り肥料（12-2-8）

※穂肥1回目はほ場内を24区画に分け、区画ごとに設定量を手で散布

※穂肥調整区は幼穂形成期のNDVI値に基づき1回目の穂肥量を調整

3. 試験結果

(1) 供試ほ場における地力・生育ムラ及び幼穂形成期の NDVI

供試ほ場内 24 地点における可給態窒素量（生土 30℃ 4 週培養）の平均値は 4.0mg/100g であったが、最小値 2.3、最大値 6.2mg/100g と幅があり、1 筆内の地力差が大きいことが確認された（図 2）。

幼穂形成期の生育は、無窒素区で草丈・茎数及びその積値である生育量が小さかった。無窒素区を除いた穂肥処理前の生育には有意な差は認められなかった（表 2）

ドローンセンシングによる幼穂形成期の NDVI は 0.10~0.67 であり、無窒素区では NDVI が明らかに低く、ほ場中央およびその東側には NDVI が高いエリアがあった（図 3）。

(2) 幼穂形成期の NDVI と生育・土壌化学性との関係

ほ場内を 24 区画に分けた場合の区画内の平均 NDVI と調査データとの関係を見ると、生育量（草丈×葉色）との間に高い正の相関が認められた（図 4）。また、この NDVI と幼穂形成期の窒素吸収量の間にも高い正の相関が認められた（図 5）。

幼穂形成期の NDVI と土壌化学性の関係を見ると、可給態窒素量（生土 30℃ 4 週培養）の間には相関が認められなかった（図 6）。また、CEC との間の相関も低く、NDVI と土壌化学性の関係は判然としなかった（図 7）。

(3) 幼穂形成期の NDVI 値に基づいた穂肥散布の効果

区画内の NDVI に基づき、穂肥調整区では 1 回目の穂肥量を区画ごとに調整し散布した (表 3)。すなわち、NDVI 0.40 以下は 1.4kgN、0.40~0.45 では 1.2kgN、0.45~0.50 では 1.0kgN、0.50 以上では 0.8kgN/10a を散布した。2 回目穂肥は 1.3kgN/10a を全面均一散布した。

坪刈実施区の平均収量は 529kg/10a であったが、収量差は最大 339kg/10a と非常に大きかった (図 8)。最も収量の低かった無窒素区を除いた場合でも、最大 143kg/10a の差が認められた。玄米品質は無施用区と穂肥均一区で同程度であったが、穂肥調整区では白未熟粒およびその他未熟粒が減少したことで、整粒歩合が向上する傾向がみられた。

穂肥調整区における収量の標準偏差は均一区及び無窒素区に比べて小さく、NDVI に基づく穂肥散布により収量のばらつき軽減効果が示唆された (図 8)。

4. 主要成果の具体的データ

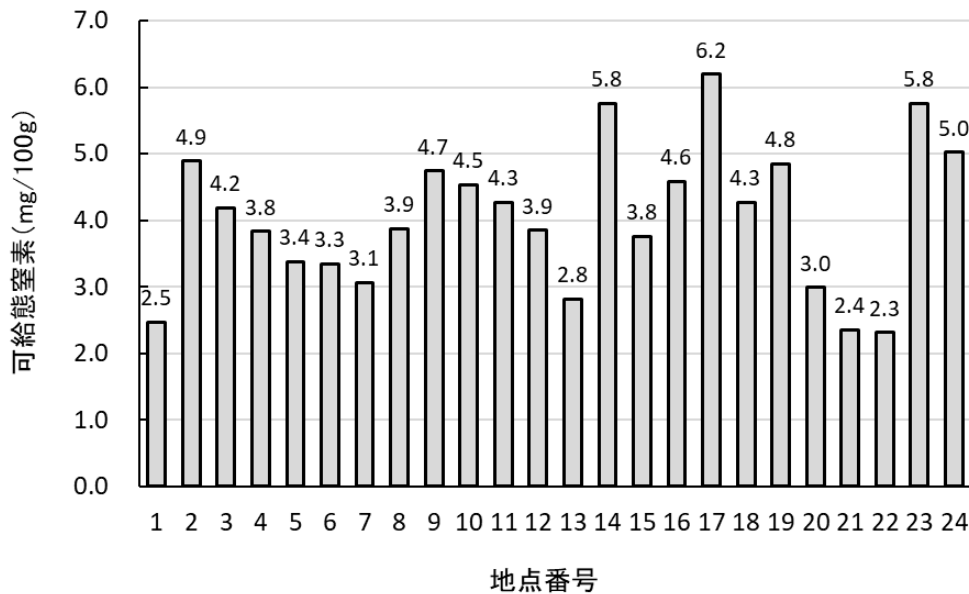


図2 供試ほ場における可給態窒素 (生土 30℃ 4 週培養)

表2 幼穂形成期の生育状況

地点番号	処理区	草丈	茎数	葉色	生育量
		cm	本/m ²	SPAD値	草丈×葉色
2	穂肥調整	65.1	295	35.1	2285
4	穂肥均一	66.7	386	35.5	2368
6	穂肥均一	70.9	423	36.9	2616
7	無施用	58.8	278	35.5	2087
9	穂肥調整	71.4	446	38.0	2713
11	穂肥均一	63.7	412	37.0	2356
16	穂肥調整	71.8	499	38.7	2779
18	穂肥調整	70.5	402	39.1	2757
19	無施用	57.9	193	35.6	2061
20	穂肥均一	67.8	338	35.7	2420
21	穂肥均一	70.3	364	36.6	2573
23	穂肥調整	71.4	391	37.4	2670
	穂肥均一	67.9	385	36.3	2467
平均値	穂肥調整	70.0	407	37.7	2641
	無窒素	58.4	236	35.6	2074

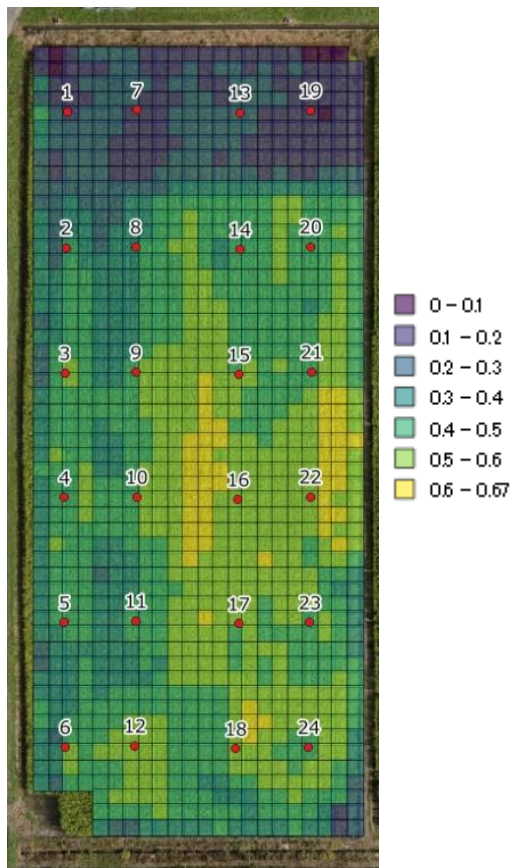


図3 幼穂形成期におけるNDVIマップ

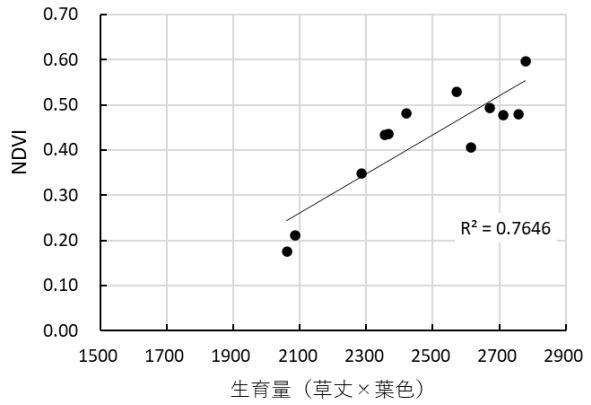


図4 幼穂形成期の生育量とNDVIの関係

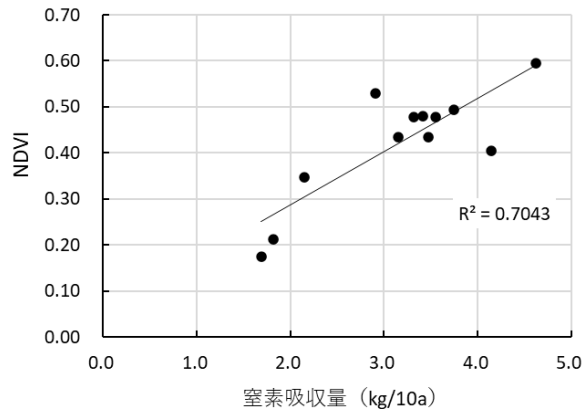


図5 幼穂形成期の室素吸収量とNDVIの関係

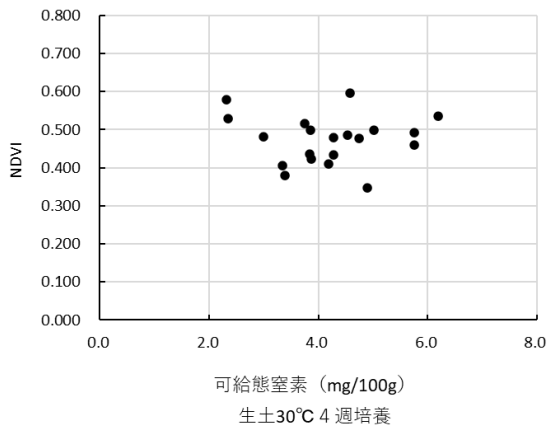


図6 幼穂形成期のNDVIと可給態窒素の関係 (無窒素区を除く)

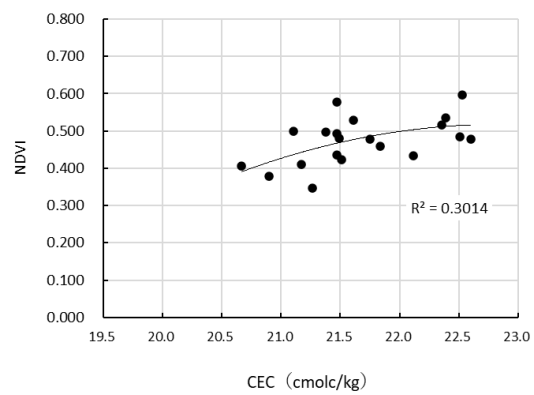


図7 幼穂形成期のNDVIとCECの関係 (無窒素区を除く)

表3 穂肥調整区の施肥設定量

NDVI値	設定量 (kgN/10a)
0.40以下	1.4
0.40-0.45	1.2
0.45-0.50	1.0
0.50以上	0.8

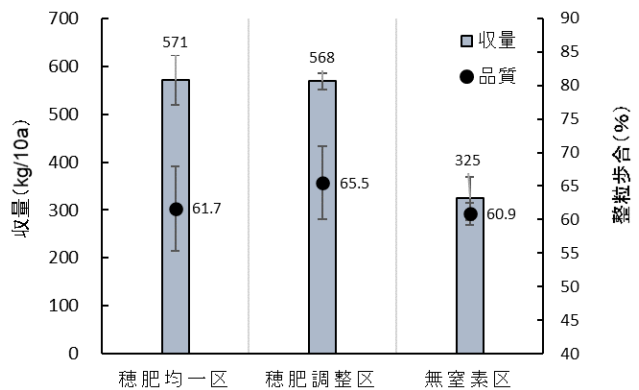


図8 収量及び品質における穂肥の影響

5. 経営評価

ドローンセンシングデータに基づいた穂肥調整の有無による収益を比較すると、穂肥調整区で収量のばらつきが軽減される傾向であったが、穂肥均一区との収量に差はみられなかったことから、収益の差は認められなかった（データ省略）。一方、穂肥調整により玄米品質向上の傾向がみられ、倒伏等のリスクの高いほ場では収益の確保につながる可能性がある。

6. 利用機械評価（DJI 社製 Phantom4 Multispectral）

今年度の結果からドローンセンシングによる NDVI と水稻生育（草丈×葉色）には有意な正の相関が認められ、NDVI に基づく穂肥量の調整を行うことで収量ムラの改善も示唆された。生育ムラの大きなほ場における穂肥は倒伏の危険性もあることから、生育状況を詳細に把握できるドローンセンシングは有用な技術であると考ええる。

7. 成果の普及

ドローンによる NDVI の計測は、一度に大面積を撮影することができ、水稻生育との相関も高いことから、大区画化されたほ場での生育診断技術として有用であると考ええる。

8. 考察

本試験において、幼穂形成期の NDVI と土壌化学性の関係は判然としなかった。ドローンセンシング時の水稻生育は作土深や土壌の乾湿、水温等が複雑に影響しているため、単一の分析項目との相関が低かったものと考えられた。

幼穂形成期の NDVI と生育量（草丈×葉色）の間には高い正の相関が認められた。新潟県におけるコシヒカリの穂肥診断には、幼穂形成期における生育量（草丈×葉色）が指標に用いられることから、この時期におけるドローンセンシングによる穂肥診断の有用性が示唆された。

9. 問題点と次年度の計画

次年度は、今年度の幼穂形成期におけるリモートセンシングデータに基づいた基肥の可変施肥（可変施肥機能付田植機）を行い、生育ムラの改善効果の検証を行う。

10. 参考写真



写真1 調査区設置状況



写真2 穂肥均一散布風景



写真3 幼穂形成期



写真4 出穂18日後



写真5 出穂28日後